

症例報告



MRI を用いた脛骨近位内顆部疲労骨折の力学的考察*

太田佳孝¹⁾・服部寿門²⁾

【要 旨】

疲労骨折の多くは、スポーツ活動性が高い若年層に多くみられ、同一運動の繰り返しや局所のオーバーユースなどの外的素因が主体で発症する。一方、脛骨近位内顆部疲労骨折は、中高年齢層に多くみられ、必ずしも活動性の高いスポーツに起因するわけではなく、日常作業などでの軽微な外力の繰り返しにより短期間で発症する。脛骨近位内顆部に加わる外力としては、膝関節屈伸運動時に大腿骨に対し脛骨の動きが内旋から外旋に変化するときを生じる剪断力と、荷重負荷が大腿骨から脛骨高原を介して作用する圧縮力が考えられる。今回の脛骨近位内顆部疲労骨折5症例はいずれもMRI T1強調像で骨折線はノコギリ刃状の低信号野として骨端線瘢痕部直下にみられた。T2強調像でその骨折線の周囲に帯状高信号領域がみられ、Leeらが報告するlinear patternであった。この線状低信号領域は、①脛骨近位内顆部の後内方付近から放射線状に広がるもの。②脛骨近位内顆部の内側縁から前内方付近に広がるもの。③脛骨近位内顆部の内側を縦断して広がるものがある。これらの疲労骨折部のMRI所見より、脛骨近位内顆部に加わる外力を検討する。

キーワード：疲労骨折，脛骨近位内顆部，MRI

はじめに

疲労骨折の多くは、スポーツ活動性が高い若年層に多くみられ、同一運動の繰り返しや局所のオーバーユースなどの外的素因が主体で発症する¹⁾。一方、脛骨近位内顆部疲労骨折は、比較的高年齢層に多くみられ、必ずしも活動性の高いスポーツに起因するわけではなく、日常作業などでの軽微な外力の繰り返しにより発症する²⁾。このため、脛骨近位内顆部疲労骨折の発症は、O脚など下肢アライメントの内的素因が大きく関与するといわれ

ている³⁾。しかし、そのようなアライメント異常を認めなかった症例にもこの骨折は発症しており、繰り返される介達外力の力学的影響について検討されるべきである。そこで、疲労骨折部のMRI所見より脛骨近位内顆部に加わる外力を検討する。

対象と方法

対象は、臨床経過、X線、MRIで最終的に診断された脛骨近位内顆部疲労骨折の5例。男性4名、女性1名。平均年齢は37.8歳(28-50歳)である。

方法は、1)各症例の日常作業内容やスポーツなど発症機転を調査した。2)X線正面像で大腿外側角(FA)、脛骨外側角(TA)、側面像で脛骨後方傾斜角(TPA)を計測し患肢のアライメントを評価した⁴⁾。3)5mmスライスでMRI矢状面像、冠状断像、横断面像で骨端線瘢痕部付近のMRIのsignal intensityの広がる位置を調査した。MRI矢状面像、冠状断像でsignal intensityの高低をHigh, Middle, Lowの3段階にドットし、方眼野にトレースした。

* The biomechanical study of the stress fractures of the medial tibial plateau with MRI.

1) 医療法人恭純会服部整形外科 リハビリテーション科
(〒492-8137 愛知県稲沢市国府宮4-15-11)
Yoshitaka Ohta, PT: Department of Rehabilitation,
Hattori Orthopedic Clinic.

2) 医療法人恭純会服部整形外科
Toshikado Hattori, MD: Hattori Orthopedic Clinic.

E-mail: hattoriseikei@air.ocn.ne.jp

表 1. 単純 X 線計測結果と発症誘因

No	age	性別	FA (°)	TA (°)	TPA (°)	発症誘因
1	38	M	83	92	18	介護
2	34	M	80	94	13	ジョギング (軽度)
3	50	F	82	92	10	倉庫管理 (軽作業)
4	28	M	84	92	12	工場のライン作業
5	39	M	86	94	11	ジョギング (軽度)

大腿外側角 (FA)：大腿骨長軸と大腿骨遠位関節面とのなす角。

脛骨外側角 (TA)：脛骨長軸と脛骨近位関節面とのなす外側角。

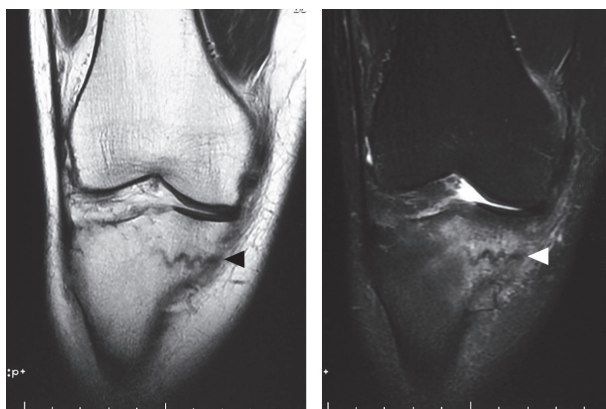
脛骨後方傾斜角 (TPA)：脛骨稜の延長線上に立てた垂線と脛骨関節面のなす角度。

正常値 FA：男女とも 75-85° TA：男性：85-100°，女性：87-98° TPA：13±3.6°

(紺野慎一：運動器の計測線・計測値ハンドブック；南江堂；2012 より)

結果

- 1) 全例が、工場の軽作業や軽いジョギングなどの軽微な外力の繰り返しによる発症であった。また、外観所見で全例が扁平足であった。
- 2) X 線像で、FA、TA の値は、全例が正常範囲内であった。TPA の値は、全例が正常範囲内 (9.4-16.6°) であったが、3 例 (No 3, 4, 5) が中間値より小さかった (表 1)。
- 3) MRI T1 強調像で骨折線はノコギリ刃状の低信号野として骨端線癒痕部直下にみられた。T2 強調像でその骨折線の周囲に帯状高信号領域がみられ、Lee らが報告する linear pattern であった⁵⁾ (図 1)。線状低信号領域は、①脛骨後内方付近から楕円状に外向きに広がるパターンのもの (No 1, 2)。②脛骨内側縁から前内方付近に広がるパターンのもの (No 3, 4)。③脛骨の内



a. T1 強調冠状断像 (SE 767/11.5) b. T2 強調 STIR 冠状断像 (SE 3083/86.5)

図 1. linear pattern の骨折線

- a. 骨折線はノコギリ刃状の低信号野として骨端線癒痕部直下にみられた (矢印)。
- b. 骨折線の周囲に帯状高信号領域がみられ、Lee らが報告する linear pattern であった (矢印)。

側縁を前後方向に広がるパターンのもの (No 5) があった (図 2, 3, 4)。

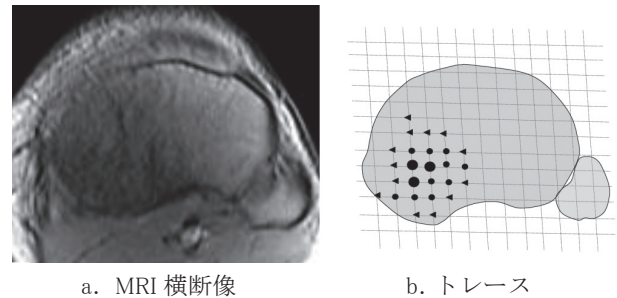


図 2. 脛骨後内方付近から楕円状に外向きに広がるパターン

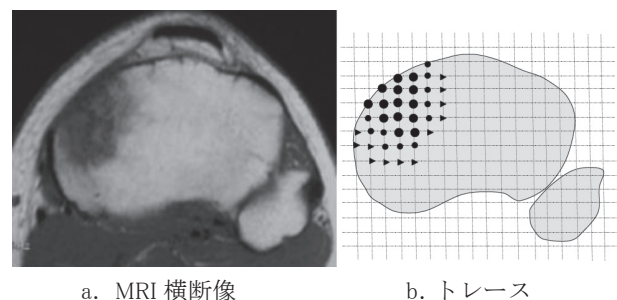
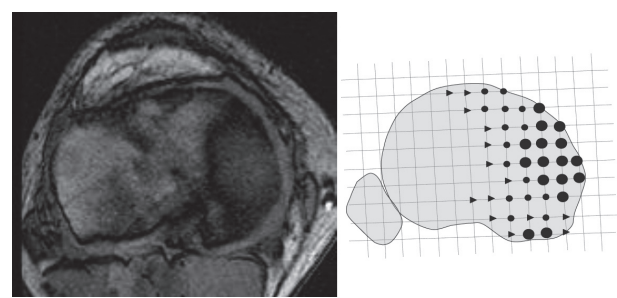


図 3. 脛骨内側縁から前内方付近に広がるパターン



a. MRI 横断像 b. トレース
図 4. 脛骨内側縁を前後方向に広がるパターン

考察

1. 脛骨内顆部の骨端線癒痕部に疲労骨折が発症する力学的考察

疲労骨折の領域は、脛骨内顆部の骨端線癒痕部直下に水平に広がってみられた。この部位は、脛骨高原の下にあり、大腿骨からの直達外力は加わらない。ここには、膝関節屈伸運動時に大腿骨に対し脛骨の動きが内旋から外旋に変化するときを生じる剪断力と、荷重負荷が大腿骨から脛骨高原を介して作用する圧縮力が生じると考えられる⁶⁾。こうした外力が、脛骨近位内顆部周辺では、骨梁の密度が低く脆弱な骨端線癒痕部に作用して疲労骨折が生じたと思われる。

2. MRI 所見より骨折部に加わる外力の検討

疲労骨折を生じる力学的条件を、骨端線癒痕部に広がった MRI signal intensity の高低で考察した。①脛骨近位内顆部の後内方にみられる signal intensity は、脛骨後内方付近が High で、ここを中心にして Middle, Low と低くなりながら楕円状に外向きに広がるパターンであった (図2)。この High intensity 領域は、膝関節軽度屈曲位から最大屈曲位までの大腿骨回旋中心 (medial pivot motion) に一致している。ここを中心にして歩行や軽いランニングの立脚期に繰り返し剪断力と圧縮力が加わり、ここから疲労骨折が発症したと思われる。②脛骨近位内顆部の内側縁から前内方付近にみられる signal intensity は、荷重負荷面ではない脛骨内側縁が High で、そこから脛骨内顆の前内方付近を Middle, Low と低くなりながら放射状に広がるパターンであった (図3)。これらの症例に反張膝が共通してみられた。反張膝による膝関節の過伸展は、回旋中心を前内方に移動させ、圧縮力と剪断力を脛骨前内側縁に集中させる。特に、膝関節屈伸運動時に生じる剪断力は、回旋中心からはなれた脛骨内側縁で最も大きくなり、ここから疲労骨折が発症したと思われる。③病変範囲が脛骨内顆を縦断してみられる signal intensity は、脛骨内側縁と後内方付近が High で、そこから内顆全体に広

がるパターンであった (図4)。これは、先述した脛骨後内方と脛骨内側縁へ集中した外力が、やがて脛骨の骨端線癒痕部に沿い内顆全体に広がったものと思われる。扁平足による足部内側縦アーチの低下が距腿関節を介して脛骨の内旋中心を内方化させ、これらの外力は脛骨内方に集中すると思われる。

一方、脛骨近位内顆部疲労骨折の発症に関与する内的素因を言及するには、さらに症例数を増やし検討する必要がある。また、介達外力の詳細な把握は、MRI の signal intensity の経時的な検討が必要と思われる。

まとめ

脛骨近位内顆部疲労骨折は、剪断力と圧縮力など繰り返される介達外力によって発症する。その解剖学的危険因子には反張膝や足部内側縦アーチの低下があり、力学的に回旋中心の前方化・内方化をもたらす。また、MRI で見られる骨傷の広がり方の違いは、このような外力の加わり方の違いが原因と思われる。

【引用文献】

- 1) 藤巻悦夫, 阪本桂造: 疲労骨折のメカニズム - バイオメカニクスの立場から -。整形・災害外科。1988; 31: 9-18.
- 2) 木村和正, 森谷光夫・他: 脛骨内側プラトーに発生した疲労骨折の1例。整形外科。1997; 48 (11): 1498-1501.
- 3) 清水邦明, 杉原俊弘・他: 健常な中年男性に発生した両側脛骨内側顆部疲労骨折の1例。東京膝関節学会誌: 1999; 20: 149-151.
- 4) 紺野慎一: 運動器の計測線・計測値ハンドブック。南江堂, 東京, 2012, pp398-403.
- 5) Lee JK, Yao L: Stress fracture - MR imaging. Radiology, 1988; 169: 217-220.
- 6) 比佐健二, 中小路拓・他: 腰椎手術後に両側同時期に発症した脛骨近位疲労骨折の1例。整形・災害外科。2006; 49: 181-184.